

## 1. A kutatás célja, a munkatervben vállalt kutatási program ismertetése

### 1.1 A munka kezdete és befejezése: 2003-2006.

#### 1.2 Célkitűzés:

A hagyományos és a talajkímélő termesztéstechnológiai rendszerek talaj fizikai állapotra gyakorolt hatásának értékelése, a talajfizikai mérési módszerek megbízhatóságával kapcsolatos vizsgálatok elvégzése. Az eltérő intenzitású talajelőkészítés hatásának értékelése, és a technológia rendszerek fenntarthatóságának vizsgálata.

#### 1.3 A kutatási program éves bontásában:

**2003-2006:** Szántóföldi és üzemi kísérlet beállítása. Talajvizsgálatok elvégzése a vetés és a betakarítás időpontjában (talajjellenállás, térfogattömeg, nedvességtartalom, porozitás, vízvezetőképesség, szerkezetstabilitás). Talaj fizikai állapotának és a jelzőnövény (kukorica, napraforgó, őszi búza) termésének értékelése. A penetrométeres mérési módszer megbízhatóságával kapcsolatos vizsgálatok elvégzése. Az alkalmazott termesztéstechnológiák értékelése, fejlesztése. Publikáció hazai konferenciákon és folyóiratokban.

## 2. A vizsgálatok anyaga és módszere

### 2.1 Kisparcellás és üzemi kísérlet beállítása

A hagyományos és a talajkímélő termesztéstechnológiai rendszerek vizsgálata, a kutatási programnak megfelelően, a Debreceni Egyetem Látóképi kísérleti telepén mészlepedékes csernozjom talajon, és a csárdaszállási Petőfi Mg. Szövetkezetben középkötött réti talajon üzemi körülmények között állítottunk be szabadföldi kísérletet.

A Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Karának Látóképi kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon beállított **talajművelési tartamkísérlet** a következőképpen került beállításra (2003-2006): A kétszeresen osztott parcellás (split-split-plot) elrendezésű tartamkísérletben, a főparcellákon a talajművelési és az öntözési változatok szerepeltek ismétlés nélkül. Az elsőrendű alparcellákon a kukorica hibridek 50-70 ezres tőszámmal, a másodrendű alparcellákon a műtrágyakezelés (0-120-240 kgN/ha+PK) négy ismétlésben randomizáltan foglaltak helyet. Egy talajművelési blokk 8064 m<sup>2</sup>-es területet foglal el, amely egy öntözött és egy öntözetlen blokkra lett felosztva. A talajművelési tartamkísérletben szereplő talajművelési változatok: őszi szántás (27 cm), tavaszi szántás (22 cm) és tavaszi sekély művelés (tárcsázás, 12 cm mélyen).

A kísérletben szereplő kukorica hibridek:

- 2003-ban: *Debreceni 351, Debreceni 377, Occitán, Dekalb 440, Hunor, Szegedi 463*
- 2004-ben: *LG 2305, Syngenta Celest, AW 043*
- 2005-ben: *Goldaccord (FAO 290), DKC 4478 (FAO 330), Goldrose (FAO 430)*
- 2006-ban: *DKC 4475 (FAO 330), GH 2541 (FAO 350), Goldaccord (FAO 290)*

2003-ban és 2004-ben **üzemi kísérletet** állítottunk be, ahol talaj és növényvizsgálatok alapján értékeltük a talajművelési rendszerek alkalmazhatóságát, valamint a környezetre gyakorolt hatását. Az üzemi kísérlet a Csárdaszállási Petőfi Mg. Szövetkezet területén, réti talajon került beállításra. Az üzemi kísérlet sávos elrendezésben, ismétlés nélkül, négy termesztéstechnológiai változatot tartalmazott: I. hagyományos művelés (őszi búza alá tárcsás alapművelés, napraforgó esetében alapművelés őszi szántással) II. alapművelés disk ripper-rel (John Deere 512 disk ripper, tárcsás lazító), III. tavaszi forgatás nélküli sekély alapművelés mulch finisher-rel (J.D. 726 mulch finisher, könnyű mulch kultivátor), IV. direktvetés (J.D. 750-es, J.D. 1760-as direktvetőgép) A teszt növény 2003-ban napraforgó (Aréna PR, 58 ezer szem/ha), 2004-ben őszi búza volt (300 kg vetőmag/ha). 2005-ben az üzemi kísérlet a helyszín tulajdonváltása miatt felszámolásra került ezért a kutatási programban két vizsgálati év eredményeit értékeltünk.

## 2.2 Szántóföldi és laboratóriumi vizsgálatok

A munkaterven megfelelően minkét helyszínen talajvizsgálatokat végeztünk a talaj tömörödöttségének (penetrációs ellenállás, térfogattömeg), telített vízvezető-képességének, szerkezeti állapotának és a talaj nedvességforgalmának meghatározására.

A talaj penetrációs ellenállását az OTKA támogatásból 2003-as évben beszerzett **DARSON-PENETRONIK elektronikus nyomószondával (penetrométer)** vizsgáltuk. A talaj nedvességtartalmát a vetéstől kezdődően, havi rendszerességgel kapacitív elven működő **nedvességmérő talajszondával** követtük nyomon. A talaj térfogattömegét és a porozitását az OTKA támogatásból beszerzett **EIJKELKAMP mintavevő készlet** segítségével határoztuk meg. A talaj telített vízvezető-képességét laboratóriumban bolygatatlan talajoszpokokon mértük. A művelt talajok szerkezeti állapotára az 1-2 mm-es talaj morzsafrakció telített vízvezető-képességének időbeli változásából következtettünk (constant head method). A mérési eredmények statisztikai értékelésére az SPSS 9.0 statisztikai software-t használtuk.

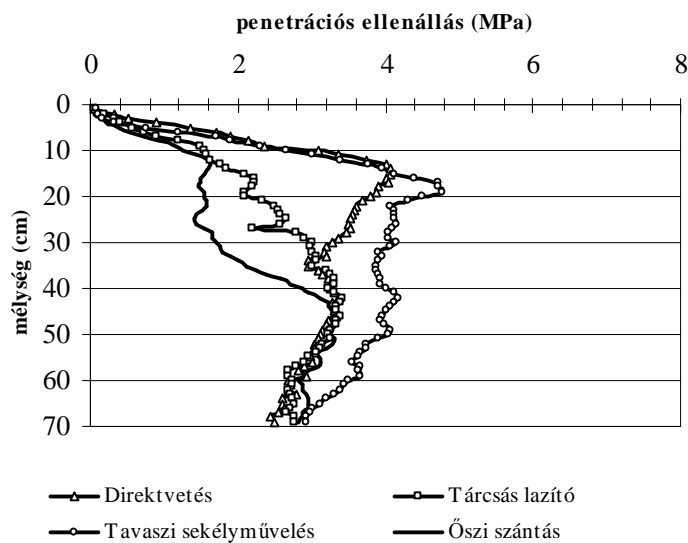
## 3. Eredmények és következtetések

### 3.1 A talaj fizikai állapotának értékelése hagyományos és talajkímélő termesztéstechnológiai rendszerekben

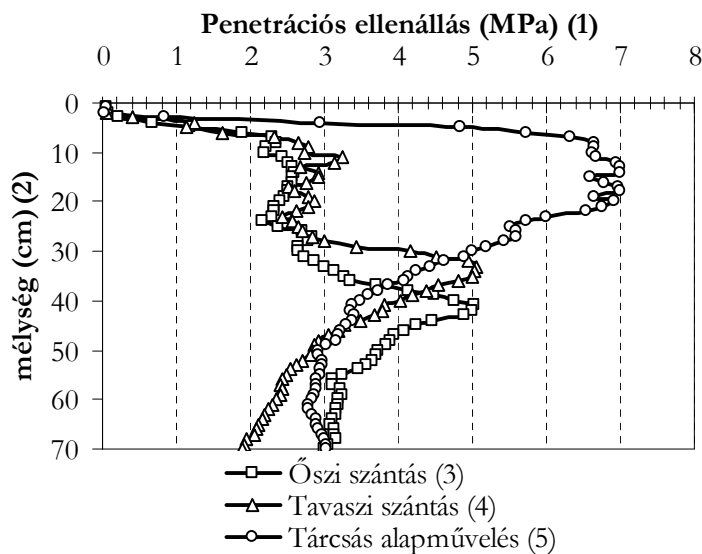
A penetrométer által regisztrált talajellenállás értékek és a talaj térfogattömegének ismerete alapján meghatároztuk a talajszelvényben található eltérő mértékben tömörödött rétegeket. A talaj tömörödöttségéből a művelő eszközök lazító hatására, a művelt rétegben fellelhető lazultságbeli különbségekre, a művelt réteg alatti talaj fizikai állapotára vontunk le következtetések. A talajellenállás nagyságát - a talaj tömörödöttsége mellett - a talaj nedvességtartama határozza meg leginkább, az eredmények értékelésekor minden esetben figyelembe vettük a talaj aktuális nedvességtartalmát. A művelési módok összehasonlításakor törekedtünk arra, hogy a talajellenállás mérésének időpontjában a kezelések között a talaj nedvességtartalmában ne legyen jelentős különbség.

Az **üzemi kísérletben** végzett talajállapot vizsgálatokból megállapítható, hogy a hagyományos és a talajkímélő talajművelési rendszerek kimutatható talajfizikai állapotváltozást okoztak a feltalajban. A termesztéstechnológiai rendszerek erő- és munkagépei a talaj 0-60 cm-es rétegének tömörödöttségét (penetrációs ellenállás) befolyásolták jelentősen (1. ábra). A művelés intenzitásának és mélységének csökkenésével a felszín közeli talajrétegek tömörödöttsége jelentősen növekedett. A talajfelszín közelében a direktvetéses rendszer és a tavasszal sekélyen alpművelt (J.D. mulch finisher, művelési mélység 15 cm) kezelések esetében mértük a legtömörebb állapotot, melynek legfőbb oka a mélyművelés hiánya, valamint a talaj tömörödöttségét növelő hatások felszínen történő összegződése. A disk ripper alpművelő (lazító tárcsa, művelési mélység 35 cm) lazító késeinek művelési mélységéig a feltalaj kedvező lazultsági állapota volt jellemző. A disk ripper alpművelő megfelelő eszköznek bizonyul a korábbi évek talajmunkái nyomán, a művelt réteg alatt egyre vastagodó tömörödött réteg megszüntetésére. A munkagép kedvező hatása a lazító kések művelési mélységéig penetrométerrel egyértelműen kimutatható volt. A hagyományosan művelt kezelésben az alpművelő eszköz (tárcsa) káros tömörítő hatása kiugró csúcsként (16-20 cm) mutatkozott meg a felrajzolt talajellenállás profilon. A hagyományos őszi szántásos kezelés talajprofiljában rendszerint két tömör réteg is kimutatható volt, egyik az alpművelés mélysége alatt kialakult eketalpréteg, a másik az alpművelés elmunkálása és a magánykészítés során a művelt rétegben (12-18 cm) alakult ki. A **talajművelési tartamkísérletben** a penetrométerrel végzett vizsgálataink során 5-45 cm-es mélységben tapasztaltunk a talajművelési kezelések között szignifikáns különbséget (2. ábra). A talajellenállás a feltalajban az őszi és a tavaszi szántott kezelésben szignifikánsan kisebb volt, mint a tárcsás alpművelésben részesült parcelláké. Mindhárom kezelésnél a talajellenállás a mélységgel növekedett. A legnagyobb talajellenállást ( $T_{e_{max}}$ ) a több éven keresztül azonos mélységű művelés hatására kialakult tömör (az un eketalp, ill. tárcsatalp) rétegben mértük. A tömörödött talajréteg mélységbeli elhelyezkedése megegyezett az alpművelés mélységével. A művelőtalp tömörödöttsége a következő sorrendet mutatta: tárcsázás>őszi szántás=tavaszi szántás. A tárcsatalp-

rétegben a szabadföldi vízkapacitást megközelítő nedvességállapotnál mért talajellenállás értéke már káros talaj tömörödöttségre utalt. A művelőtalp-réteg vastagsága a tárcsázott kezelés esetében elérte a 20 cm-t, a szántott kezelésekben 8-10 cm volt. 50-55 cm-es mélység alatt a talajfelszín irányából ható tömörítő erők hatása már nem érvényesült, a kezelések között tapasztalható talajellenállás különbséget a talaj fizikai tulajdonságainak térbeli inhomogenitása okozza. A térfogattömeg mérések is alátámasztották, azokat a következtetéseket, amelyeket a talajellenállásából a talaj tömörödöttségére, a tömörödött rétegek elhelyezkedésére és kiterjedésére levontunk. A talaj térfogattömegének mélységbeli változása mindhárom művelési módnál hasonlóan alakult, a térfogattömeg a művelt rétegben fokozatos növekedett, a maximális értékét az eketalp, illetve tárcsatalp-rétegben érte el, ezután a szelvényben fokozatosan lecsökkent az altalajra jellemző  $1,2-1,3 \text{ g/cm}^3$  térfogattömeg értékig. A tárcsatalp-rétegben mértük a legnagyobb térfogattömeget  $1,57 \text{ g/cm}^3$ -t, ami  $0,12 \text{ g/cm}^3$ -rel, illetve  $0,11 \text{ g/cm}^3$ -rel tömörebb volt, mint a tavaszi, illetve az őszi szántott parcellák 25 cm-es mélységében lévő eketalp-réteg.



1. ábra A talaj penetrációs ellenállásának mélységbeli változása a csárdaszállási üzemi kísérletben (Csárdaszállás, 2004)



2. ábra

A talaj penetrációs ellenállásának mélységbeli változása a Látóképi talajművelés tartamkísérletben. (Debrecen-Látóképi, 2005)

### **3.2 A talaj nedvességállapotának értékelése hagyományos és talajkímélő termesztéstechnológiai rendszerekben**

Kutatómunkánk kiemelt célja a talaj nedvességforgalmában bekövetkezett változások nyomon követése hagyományos, valamint kímélő talajművelési rendszerekben. A talaj nedvességforgalmának precízebb vizsgálata céljából az időigényes szárítószekrényes (gravimetriás) nedvesség meghatározás helyett a gyorsabban és nagyobb ismétlésszámban végezhető mélysondás (kapacitív elven mérő) nedvességmérési módszert alkalmaztuk. A tenyészidőszakban végrehajtott nedvességtartalom mérés alapján felrajzolt nedvességprofilokat értékelve megállapítottuk, hogy a felső 1.8 m-es talajszelvényben a vizsgált kezelések között matematikai-statisztikai módszerrel igazolható talajnedvesség-tartalom különbség alakult ki. Az üzemi kísérletben a vetés és betakarítás időpontjában egyaránt a hagyományos technológia alkalmazása esetében mértük a legalacsonyabb talajnedvesség értékeket. A talaj nedvességtartalmát tekintve a talajművelési kezelések között kialakult növekvő sorrend a megvizsgált két évben a következő volt: hagyományos művelés < disk ripper = mulch finisher < direktvetés. A talaj nedvességkészletével való takarékoság szempontjából a talajelőkészítést és vetést egy menetben végző direktvetés mutatta a legkedvezőbb képet. A direktvetésben mért nedvességtöbblet a három évet együttesen értékelve a hagyományos termesztés technológiához képest mintegy 40 mm csapadéknak felelt meg. A talaj nedvességállapota a talajművelési kísérletben is egyértelműen igazolta a forgatás nélküli talajművelés (tavaszi sekély tárcsázás) kedvezőbb nedvességmegőrző hatását, a hagyományos ekére alapozott műveléssel szemben.

### **3.3 A telített vízvezető-képesség és a talajszerkezet stabilitás vizsgálata laboratóriumban**

A laboratóriumban mért telített vízvezető-vezetőképesség ( $K_s$ ) nagysága és időbeli változását leíró ún. permeabilitási görbék meghatározásához laboratóriumi mérőeszközt készítettünk, amely segítségével állandó víznyomás (constant head method) mellett patronos bolygatatlan szerkezetű talajmintákon és az 1-2 mm-es talaj morzsafrakciót tartalmazó talajoszlopokon 70 órán keresztül mértük az időegység alatt átszivárgó víz mennyiségét. A hidraulikus vezetőképesség időbeli változása érzékenyen jelezte a talaj szerkezeti állapotát, a szerkezet vízzel szembeni ellenállóságát és a pórusviszonyokat. A hagyományosan művelt parcellából vett talajminta telített vízvezető-képessége átlagosan 8,7 mm/h értéken stabilizálódott, míg a forgatás nélküli (tárcsázott) parcella talajának állandósult vízvezető-képessége 23,3 mm/h volt. Őszi szántott parcellák művelt rétegéből származó talajminták morzsafrakciójának vízzel szembeni ellenálló képessége jelentősen alul maradt a többi kezelésben mért értékekhez képest. A gyengébb morzsa vízállóságra a telített vízvezető-képesség időbeni gyors csökkenése utalt.

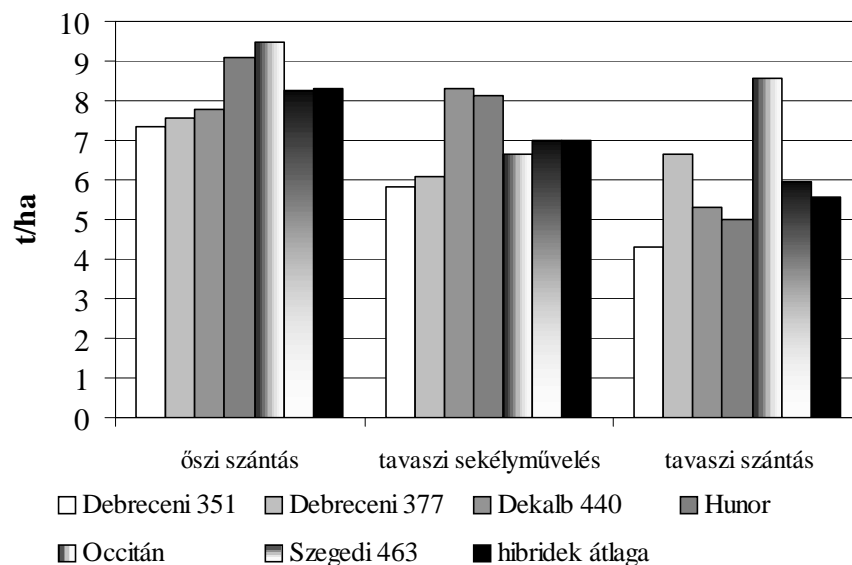
### **3.4 A jelzőnövények (kukorica, őszi búza, napraforgó) termésének értékelése hagyományos és talajkímélő termesztéstechnológiai rendszerekben**

2003-ban két gazdasági növény, a kukorica és a napraforgó szemtermését értékeltük hagyományos és talajkímélő termesztéstechnológiai változatokban. A **talajművelési tartamkísérletben** a hibridek átlagában vizsgálva az őszi szántás (8,3 t/ha) biztosította a kukorica számára a legkedvezőbb feltételeket. A termés 2,7 t/ha-ral volt megbízhatóan nagyobb, mint a tavaszi szántott változatban és 1,3 t/ha-ral, mint a tavasszal tárcsával művelt parcellákon (3. ábra). Az **üzemi kísérlet** terméseredményei értékelve megállapítható, hogy az eltérő termesztéstechnológiai változatok nem befolyásolták jelentősen a napraforgó szemtermés-produkcióját. A direkt vetett terület, a tavaszi sekély művelésű (mulch finisher) kezelés és az őszi szántott terület terméseredményei közel azonosak voltak (3,68 t/ha, 3,66 t/ha és 3,7 t/ha), legmagasabb termést az őszi tárcsás lazítóval alapművelt területről takarítottunk be (3,97 t/ha).

2004-ben két gazdasági növény, a kukorica és az őszi búza szemtermését értékeltük hagyományos és talajkímélő termesztéstechnológiai változatokban. A **talajművelési tartamkísérletben** a hibridek átlagában vizsgálva a kukorica szemtermését, megállapítható, hogy a 2004-es kedvező

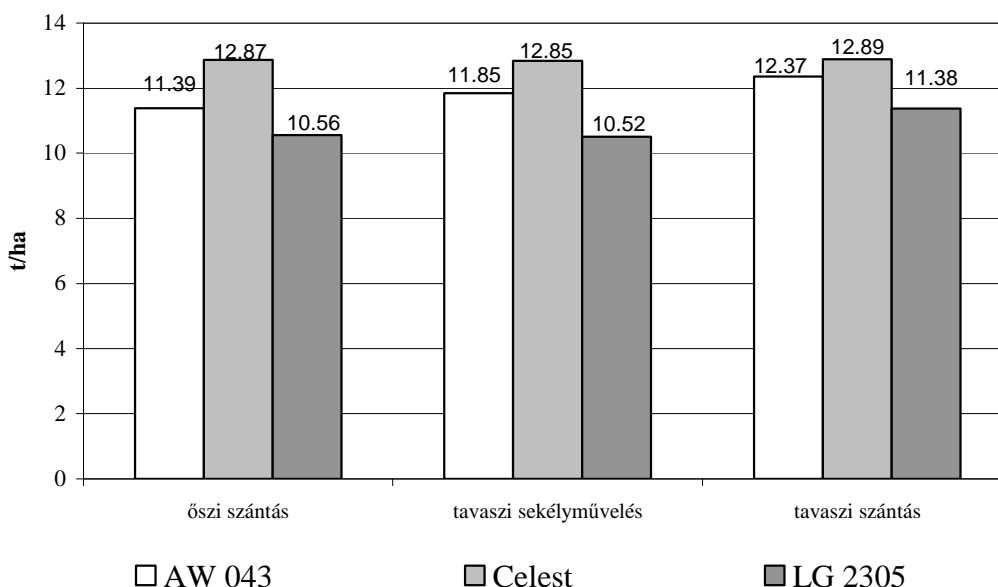
évjáratban a talajművelési kezelések között nem alakult ki jelentős terméskülönbség. Az őszi szántás 11,6 t/ha termésátlagához képest szignifikánsan nem tért el a tárcsázott parcellák (11,7 t/ha) és a tavaszi szántott parcellák (12,2 t/ha) terméseredményei (4. ábra). Az **üzemi kísérlet** terméseredményei értékelve megállapítható, hogy az eltérő termesztéstechnológiai változatok csak kismértékben befolyásolták az őszi búza szemtermés-produkcióját. Legmagasabb termést az őszi tárcsás lazítóval alapművelt területről takarítottunk be (7,7 t/ha), melytől csak kismértékben maradt el a hagyományosan előkészített parcella szemtermés eredménye (7,6 t/ha). A tavaszi sekély művelésű (mulch finisher) kezelés terméseredménye 7,4 t/ha, a direkt vetett parcella terméseredménye 7,1 t/ha volt. Direktvetés következtében csökkent tehát legnagyobb mértékben a termés, de ez a termés csökkenés csupán a 8 %-ot ért el.

A **talajművelési tartamkísérletben** 2005-ös és 2006-os évének a kukorica hibridek terméseredményeit összefoglalóan értékelve megállapítható, hogy a talajművelés módjától és intenzitásától és az alkalmazott műtrágya hatóanyag mennyiségétől függően szignifikáns terméskülönbség mérhető az egyes kezelések között. A kontroll (műtrágyázatlan) parcellákon a tavaszi szántott kezelésben mért terméseredmények szignifikánsan meghaladták az őszi szántott és a tárcsázott kezelés terméseredményeit. Az őszi szántott és a tárcsázott kezelés terméseredményei között nem alakult ki szignifikáns terméskülönbség. A 120 kgN+PK-mal trágyázott kezelések esetében a műtrágya hatóanyag termésnövelő hatása az őszi szántott parcellák esetében volt a legnagyobb. A tavaszi szántott és a tárcsázott kezelés között nem alakult ki szignifikáns terméskülönbség. A talajművelés és a trágyázás együttes hatásának értékelése során megállapítottuk, hogy a két tényező együttes termésnövelő hatása mindhárom kísérletben szereplő hibrid esetében szignifikáns.



3. ábra

Talajművelés hatása a kukorica termésére a debreceni talajművelési tartamkísérletben (120 kg N/ha, 2003)



4. ábra

Talajművelés hatása a kukorica termésére a debreceni talajművelési tartamkísérletben (120 kg N/ha, 2004)

### 3.5 A penetrométeres mérési módszer megbízhatóságával kapcsolatos vizsgálatok elvégzése.

A 2003-as vizsgálati évben a kísérleti megfigyelések számának (ismétlésszám) meghatározását végeztük el a talajművelési tartamkísérlet csernozjom talaján. A kísérleti megfigyelések többkevesebb technikai, mérési vagy egyéb hibával terheltek, melyek az adatokból levont következtetéseket téves irányba terelhetik. A penetrométerrel mért talajellenállás becsült értékének hibáját (a talajellenállás valódi értéke és a becsült értéke közötti eltérést) a minta elemszámának növelésével lehet csökkenteni, ezért egy parcellán (30 m<sup>2</sup>) belül meghatároztuk azt az ismétlésszámot, amellyel a becslés hibája egy szakmailag elfogadható érték alá csökken (1. táblázat).

1.táblázat Az egyes becslési hibahatárok eléréséhez szükséges mintaszám a chernozjom talaj különböző rétegeiben

becslési hiba %	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	40-50 cm	50-60 cm	60-70 cm
	szükséges mintaszám (db)					
2,5	680	394	504	176	369	263
5	170	98	126	44	96	65
10	42	24	31	10	23	16
<b>15</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>7</b>
20	10	6	7	3	5	4

### 3.6 Az alkalmazott termesztéstechnológiák értékelése, fejlesztése.

Vizsgálataink rámutatnak arra, hogy a környezetvédelmi szempontok és az ökonómiai megfontolások egyaránt a talajkímélő művelési módok és eszközök alkalmazásának igényét vetik fel. A természeti és a termesztési körülményekhez egyaránt igazodó művelés lehetővé teszi, hogy a talaj fizikai állapota a kultúrnövény igényének és a talaj védelmének egyaránt megfeleljen. A

művelési beavatkozások számának csökkentésével, a nem feltétlenül szükséges beavatkozások elhagyásával a talajt ért mechanikai károsodások mérsékelhetők. Az talajművelési rendszerek megválasztásánál a talaj állapota mellett termőhelyet, az évjáratot, a termesztett növény igényeit egyaránt figyelembe kell venni. Lehetőleg kerülni kell a túlzottan nedves talajon történő járást, illetve a művelést, mellyel a talaj káros tömörödése, szerkezetének károsodása megelőzhető. Tömörödött talajon a tömör állapotot enyhítő, megszüntető eljárásokat kell előnybe részesíteni. Ki kell használni a tarlómaradványok nedvességmegőrző, illetve a talajfelszín védő szerepét.

A termesztéstechnológiai rendszer termelési költségeinek vizsgálatai során megállapítható, hogy nincs különbség az anyagköltségek, egyéb közvetlen költségek és az általános költségek mértékében. A technológiától függően a segédüzemági költségek között van jelentékeny különbség. A direktvetés esetében a legkisebb ez az érték 74.853 Ft hektáronként (2005-ös árakon számolva), míg az őszi szántás esetében a legnagyobb, 95.613 Ft hektáronként. Az önköltségek vizsgálata során megállapítható, hogy valamennyi vizsgált termesztéstechnológiai rendszer alkalmazása mellett kedvezően alakult az önköltség. A legalacsonyabb a direkt vetésnél volt, hiszen ebben az esetben a legalacsonyabb a segédüzemági szolgáltatás értéke – a többi költség nem valamennyi termesztéstechnológiánál azonos – míg a legmagasabb az önköltsége az őszi szántásnak ugyancsak a segédüzemági szolgáltatás költséghatásából adódóan.

Az elvégzett vizsgálatok a szántás nélküli redukált művelésre alapozott növénytermesztési technológiák üzemi méretű alkalmazhatóságát igazolják.

#### **4. Költségvetéstől történő jelentősebb eltérés és indoklása**

A költségvetésben jelentősebb eltérés a 2. sorban a *Munkaadókat terhelő járulékok* tételben (-38 eFt), a 3.1 sorban a *külföldi konferencián való részvétel dologi kiadásai* (-79 eFt) és a 3.3 *egyéb költségek* (+180 eFt) költségvetési tételben jelentkezett.

- *Munkaadókat terhelő járulékokban jelentkező eltérés* (-38 eFt) *indoklása*: A pályázat beadásának időpontjával a napidíjak után tb. járulékkal nem kellett számolni, ezért ebbe a költségvetési sorba nem terveztünk be költséget. A többletet a külföldi konferencia napidíjainak tb. vonzata okozta.
- *3.1 sorban a külföldi konferencián való részvétel dologi kiadásaiban jelentkező eltérés* (-79 eFt) *indoklása*: A pályázat beadásának időpontjában be nem tervezett konferencián való részvétel okozta a költségek növekedését, a konferencia témája kapcsolódott a kutatási témához.
- *3.3 egyéb költségek* (+180 eFt) költségvetési tételben megtakarítást eszközöltünk a kutatási téma költségvetési egyensúlyának fenntartása érdekében.

#### **Kutatási szerződéshez viszonyított eltérések:**

A kutatási programtól való egyedüli eltérést az egyik kísérleti helyszín megszűnése okozta, 2005-ben az üzemi kísérlet a helyszín tulajdonváltása miatt felszámolásra került ezért két vizsgálati év üzemi tapasztalatait értékeltük. A másik kísérleti helyszínen a vizsgálatok folyamatosan, zökkenőmentesen a kutatási tervnek megfelelően folytak.